



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: 195 05 571.3
22 Anmeldetag: 18. 2. 95
43 Offenlegungstag: 22. 8. 96

71 Anmelder:

Institut für Kunststoffprüfung und
Kunststoffkunde, Universität Stuttgart, 70569
Stuttgart, DE

72 Erfinder:

Geiße, Dietmar, 73269 Hochdorf, DE

54 Vorrichtung zur Verbesserung der Reproduzierbarkeit der Ankopplung piezoelektrischer Sensoren

57 Es zeigte sich, daß übliche Sensoren bei direkter Ankopplung an eine Werkstückoberfläche keine ausreichende Reproduzierbarkeit der gemessenen Signalamplituden ermöglichen. Diese Reproduzierbarkeit läßt sich durch dickere Koppelschichten deutlich erhöhen, allerdings auf Kosten der Signalamplitude. Durch die Verwendung eines neuartigen magnetisch wirksamen Koppelmittels aus Bariumferritpulver in Verbindung mit einem Magnetfeld läßt sich die Ankopplung und die Reproduzierbarkeit deutlich verbessern. Hierbei werden im Spalt zwischen Werkstückoberfläche und Sensor die ferromagnetischen Teilchen so ausgerichtet, daß sich Schallbrücken bilden und eine aktive Ankopplung an die Oberflächen erfolgt. In Versuchen wurde die Verbesserung im Vergleich mit herkömmlichen Ankopplungsmethoden nachgewiesen.

DE 195 05 571 A 1

BEST AVAILABLE COPY DE 195 05 571 A 1

Ultraschallwellen eignen sich für die zerstörungsfreie Untersuchung von Werkstoffen und Bauteilen. Der Grund ist ihre Reflexion an inneren Grenzflächen, welche einen lokalen Impedanzsprung verursachen.

Dieser Impedanzsprung, der auch an der Werkstückoberfläche auftritt, erfordert ein geeignetes Koppelmittel, um die Einschallung in ein Werkstück (Ultraschallmessung) als auch die Aufzeichnung vom im Werkstück entstehenden Schallwellen (Schallemmission) zu ermöglichen.

Die Qualität experimenteller Daten hängt dabei empfindlich von der Reproduzierbarkeit der Ankopplung des Sensors an die Werkstückoberfläche ab. Bei der momentan üblichen Ankopplung piezoelektrischer Sensoren wird der Sensor direkt, d. h. ohne Kontrolle der sich zwischen Sensor und Werkstück einstellenden Schichtdicke, auf dem Werkstück angekoppelt. Hierfür werden handelsübliche Ultraschallkoppelmittel auf Wasser- und Glycerinbasis, mineralische Fette oder Klebstoffe verwendet. Ein Beispiel für die starke Abhängigkeit der gemessenen Signalamplitude von der Schichtdicke bei einem unter konstanten Bedingungen eingeschallten Referenzsignal ist in Fig. 1 gezeigt. Im allgemeinen erhöht sich tendenziell die Signalamplitude bei geringeren Schichtdicken, weil das Koppelmittel ausgepreßt wird und der Sensor in direktem Kontakt mit den Rauigkeitsspitzen der Werkstückoberfläche kommt. Das Auspressen und damit Fehlen des Koppelmittels kann allerdings auch zu schlechtem Kontakt mit geringen Amplituden führen. Nur dickere, gleichbleibende Koppelschichten ermöglichen eine gute Reproduzierbarkeit der Ankopplung, wodurch sich allerdings die mittlere Amplitude verringert.

Diese Reproduzierbarkeit der Ankopplung ist das Hauptproblem aller berührenden Messungen mit einem piezoelektrischen Sensor. Durch Verwendung der handelsüblichen Ultraschallkoppelmittel läßt sich keine Reproduzierbarkeit erreichen, die es erlaubt, die Ergebnisse verschiedener Messungen direkt miteinander zu vergleichen. Damit besteht die Gefahr einer fehlerhaften Interpretation des Materialverhaltens.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, durch eine geeignete Vorrichtung in Verbindung mit einem geeigneten Koppelmittel die Reproduzierbarkeit der Ankopplung piezoelektrischer Sensoren zu verbessern, bei gleichzeitig möglichst hoher mittlerer Amplitude.

Diese Aufgabe wird durch die in dem Hauptanspruch angegebenen Merkmale gelöst. Enge Koppelspalte ermöglichen hohe Signalamplituden bei gleichzeitig geringer Reproduzierbarkeit. Größere Spalte verbessern die Reproduzierbarkeit, führen aber zu geringen mittleren Signalamplituden. Die gegensätzlichen Anforderungen an das Koppelmittel bestehen in einer Ankopplung, die wie bei dünnen Schichten hohe Amplituden ermöglicht, gleichzeitig aber eine gute Reproduzierbarkeit wie bei dicken Schichten aufweist.

Um diesen Widerspruch erfindungsgemäß zu lösen, besteht die grundsätzliche Idee darin, den Spalt mit mikroskopisch kleinen, akustischen Wellenleitern zu überbrücken und diese intensiv mit den Oberflächen zu kontaktieren. Diese Anforderungen werden erfindungsgemäß durch die Einführung eines magnetisch aktiven Materials und eines magnetischen Feldes zur Ausübung einer Wechselwirkung auf dieses Material erfüllt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung wird anhand beispielhafter Ausführungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 den Einfluß der Schichtdicke eines Koppelmittels auf Reproduzierbarkeit und Höhe der Amplitude,

Fig. 2 eine Vorrichtung zur Verbesserung der Ankopplung mit einer Erzeugung des Magnetfeldes durch einen Seltenerdsmagnet,

Fig. 3 das Prinzip der Schallbrückenbildung mit Hilfe ferromagnetischer Teilchen an eine Stahloberfläche (Rauigkeitsprofil vergrößert dargestellt) in einem senkrecht zu den Oberflächen wirkenden Magnetfeld,

Fig. 4 eine Vorrichtung nach Fig. 2, allerdings mit Elektromagnet zur Erzeugung eines veränderlichen Feldes für die Untersuchung der Wirksamkeit des magnetischen Koppelmittels,

Fig. 5 den Einfluß eines veränderlichen Magnetfeldes (Spulenstrom) auf die Amplitude der Ankopplung,

Fig. 6 die nach der im folgenden Abschnitt angegebenen Formel errechneten Reproduzierbarkeitswerte für verschiedene Arten einer Ankopplung.

Eine mögliche Vorrichtung nach Fig. 2, auf der ein handelsüblicher piezoelektrischer Sensor fest montiert werden kann, besteht aus einem Material mit geringem magnetischen Widerstand, z. B. Weicheisen. Das magnetische Feld wird durch einen Seltenerd-Magnet erzeugt. Der Eisenkern ist an seinem unteren Ende konisch ausgeführt, um eine Konzentration der Feldlinien bis zur Sättigung zu erreichen. Der Spalt zwischen dem Feldkonzentrator und der Werkstückoberfläche wird mit speziellem ferromagnetischen Koppelmittel ausgefüllt. Der konstante Abstand zur Oberfläche des Werkstücks wird durch einen Abstandhalter bzw. Unterlegscheibe aus Kunststoff erreicht. Wie schon oben ausgeführt, erreicht man dadurch eine erhebliche Verbesserung der Reproduzierbarkeit der Ankopplung, bei jedoch gleichzeitig geringerer mittlerer Amplitude.

Weil ein Seltenerdsmagnet ein statisches Magnetfeld erzeugt, ist eine solche Vorrichtung ungeeignet zum Nachweis einer Wechselwirkung zwischen einem Magnetfeld und einem ferromagnetischen Koppelmittel. Zur Untersuchung des ferromagnetischen Koppelmittels bei verschiedenen Feldstärken wurde deshalb eine Vorrichtung mit Elektromagnet nach Fig. 4 gefertigt: Um einen Eisenkern ist ein Elektromagnet angeordnet, mit dem ein magnetisches Feld der gewünschten Stärke erzeugt werden kann. Die Dimensionierung des Elektromagneten richtet sich dabei nach der maximal im Werkstoff zu erzielenden magnetischen Flußdichte (Sättigung).

Das magnetische Koppelmittel wurde durch Mischen von feinem Bariumferrit-Pulver mit mineralischem Öl hergestellt. Dieses magnetische Koppelmittel füllt den Spalt zwischen dem Feldkonzentrator und der metallischen Werkstückoberfläche. Auch ohne Anlegen eines magnetischen Feldes zeigte dieses Koppelmittel eine im Vergleich zu mineralischem Fett etwa doppelt so hohe Amplitude. Der Elektromagnet erzeugt ein senkrecht zur Stahloberfläche verlaufendes elektrisches Feld. In Fig. 5 ist der Einfluß des magnetischen Feldes auf das Koppelmittel mit einem Mischungsverhältnis Bariumferritpulver: Öl von 1:3 gezeigt mit dem die besten Ergebnisse erzielt wurden. Unter Einfluß des magnetischen Feldes in Verbindung mit dem Koppelmittel ergaben sich um bis zu Faktor 4 höhere Amplitudenwerte im Vergleich zu mineralischem Fett in derselben Vorrichtung. Um die Reproduzierbarkeit für verschiedene Ankopplungsbedingungen zu bestimmen, wurden jeweils $n=15$ Messungen in Folge gemacht. Der Mittelwert A der Amplitude und die Standardabweichung ΔA wurden definitionsgemäß errechnet. Die Reproduzier-

3.

barkeit R wird schließlich definiert als:

$$R = \frac{A}{\Delta A}$$

5

In Fig. 5 sind einige Ergebnisse der Reproduzierbarkeit unter verschiedenen Ankopplungsbedingungen gezeigt.

10

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Verbesserung der Ankopplung und der Reproduzierbarkeit bei Messungen mit piezoelektrischen Sensoren, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung ein statisches oder auch veränderliches Magnetfeld erzeugt, welches auf ein magnetisch wirksames Koppelmittel aus ferromagnetischen Stoffen z. B. Bariumferritpulver derart wirkt, daß sich im Spalt zwischen der Vorrichtung und der Werkstückoberfläche Schallbrücken ausbilden können, die eine Verbesserung der Reproduzierbarkeit und der Ankopplung bewirken.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Magnetfeld durch einen Elektromagneten oder einen Seltenerd magnet erzeugt wird.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein konisch geformter, ferromagnetischer Kern mit glatter Oberfläche das Magnetfeld bis zur Sättigung des Materials aufkonzentrieren kann.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine konstante Koppelpaltdicke durch einen Abstandhalter bzw. Unterlegscheibe aus Kunststoff erreicht wird.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein handelsüblicher Sensor durch Verkleben oder Verschrauben dauerhaft auf der Vorrichtung angebracht werden kann.

15

20

25

30

35

40

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

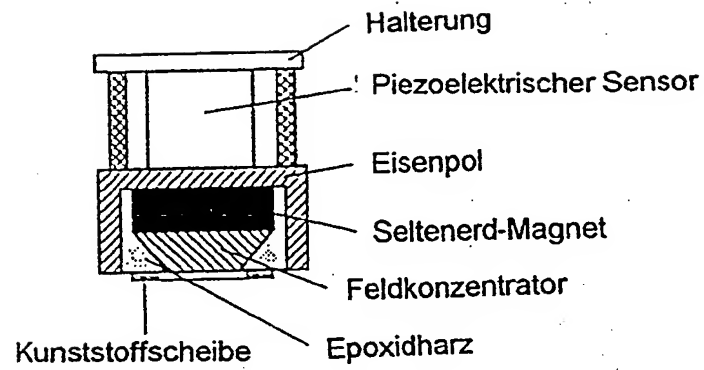
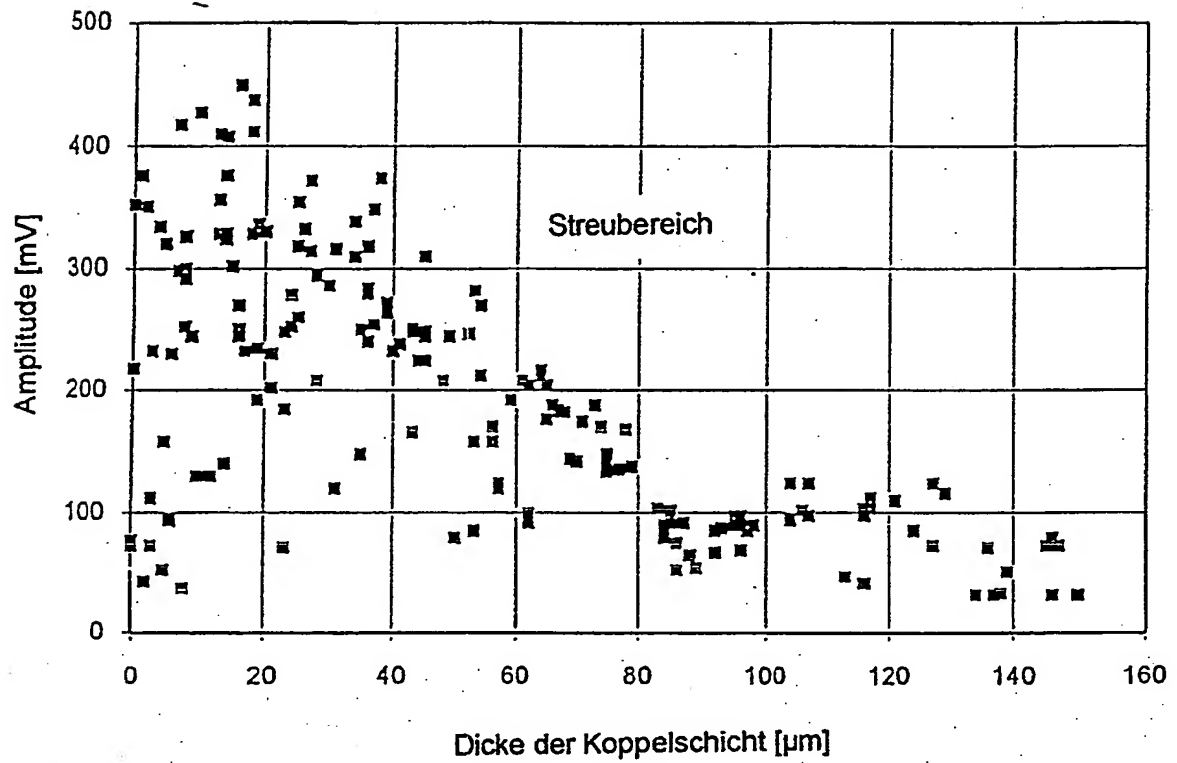


Fig. 2

*

Fig. 1: Einfluß der Koppelschichtdicke auf die Signalamplitude



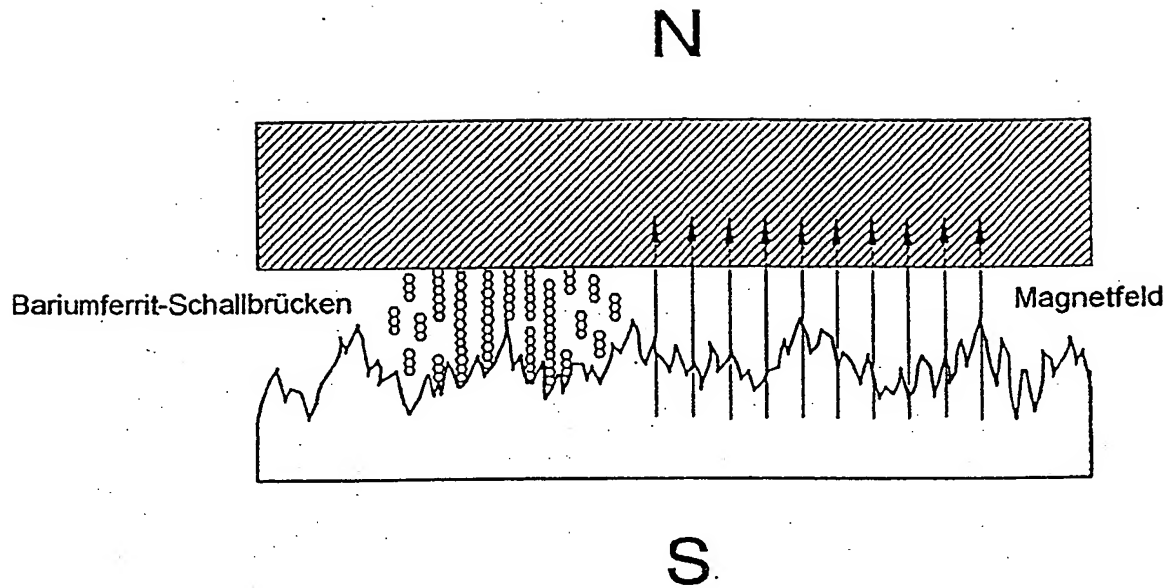


Fig. 3

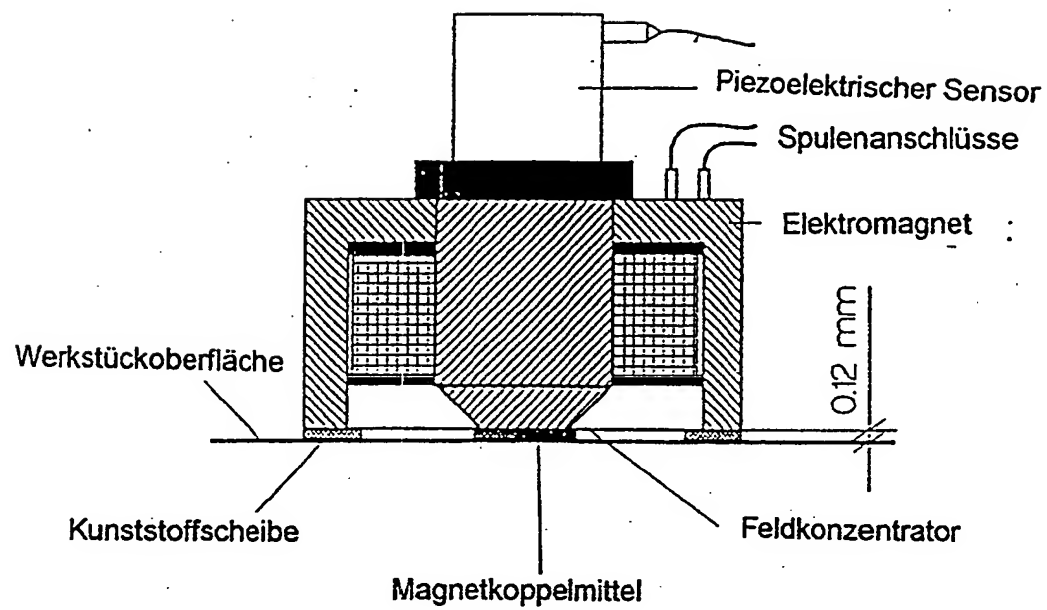


Fig. 4

Fig. 5: Erhöhung der Ankopplung durch
Anwendung eines Magnetfeldes

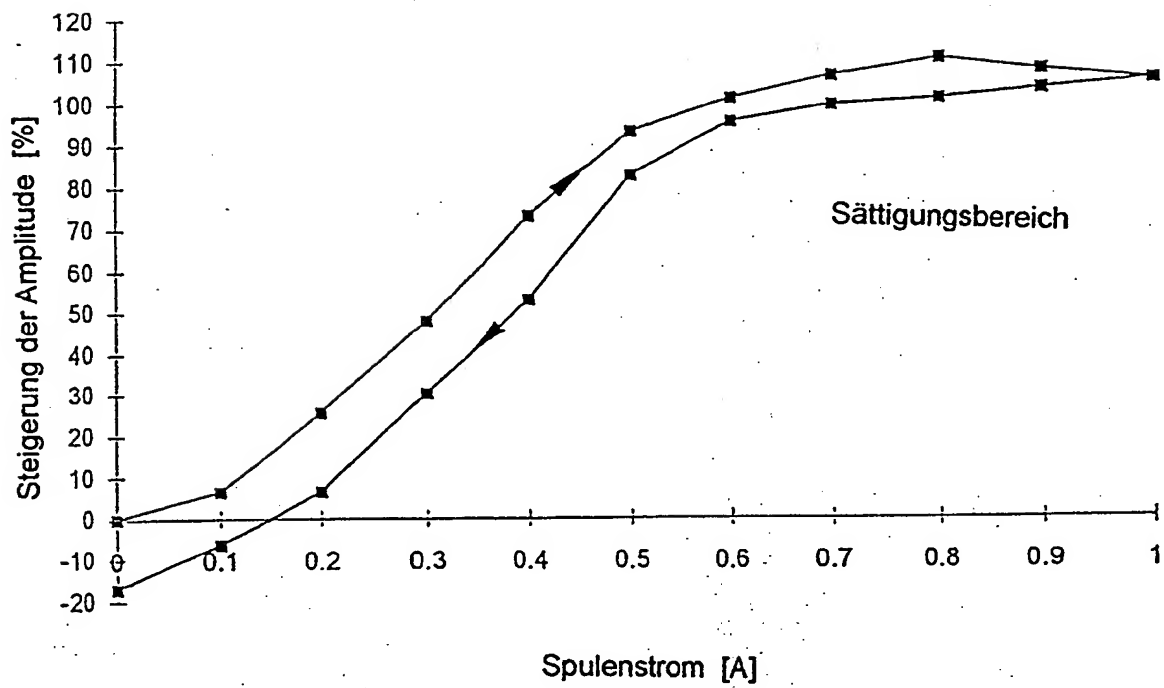
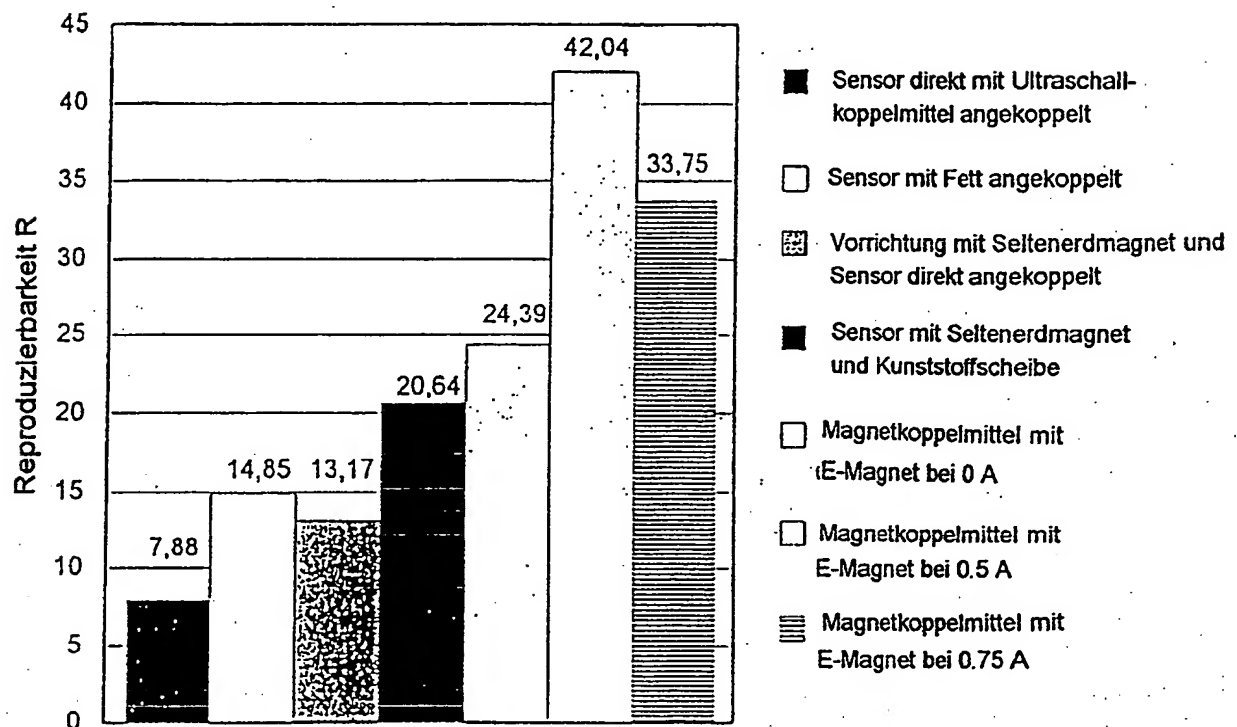


Fig. 6: Reproduzierbarkeit verschiedener Ankopplungsbedingungen



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.